

2022年1月28日

2019年時点のエネルギー原単位の推計 (鉄鋼部門-転炉鋼)

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
システム研究グループ

TEL: 0774-75-2304 E-mail: sysinfo@rite.or.jp

秋田大学大学院国際資源学研究科
小田潤一郎

TEL: 018-889-3277 E-mail: oda@gipc.akita-u.ac.jp

背景

- ✓ 早期かつ実効性のあるGHG排出削減を進めるためには、世界の地域別削減ポテンシャル、その基礎となるエネルギー原単位の把握が必要である
- ✓ カーボンニュートラルへの言及が増えつつあるが、その前にこのような情報を広く共有することが重要である

目的

- ✓ 比較可能なエネルギー原単位の推計値(2019年)を提示し、温暖化対策の議論に資すること

※ なお、本推計は2019年実績の国際比較が主であるものの(下記のOda et al. (2012)に示した既存の諸前提・推計手法をほぼ踏襲し)時系列推移についても整合性を確保した

✓ 以下の手法を組み合わせることにより、地域別のエネルギー原単位を推定する

A: IEA統計(エネルギーバランス表)に基づく手法

B: データ積み上げによる手法

B1: 企業・協会データに基づく手法

B2: 技術普及率に基づく手法

B2-1: 副生ガス回収有効利用率

B2-2: 5つの技術(CDQ、TRT、焼結機クーラ排熱回収、熱風炉排熱回収、PCI)の普及率

B2-3: 旧技術(平炉、造塊・分塊法)への依存度

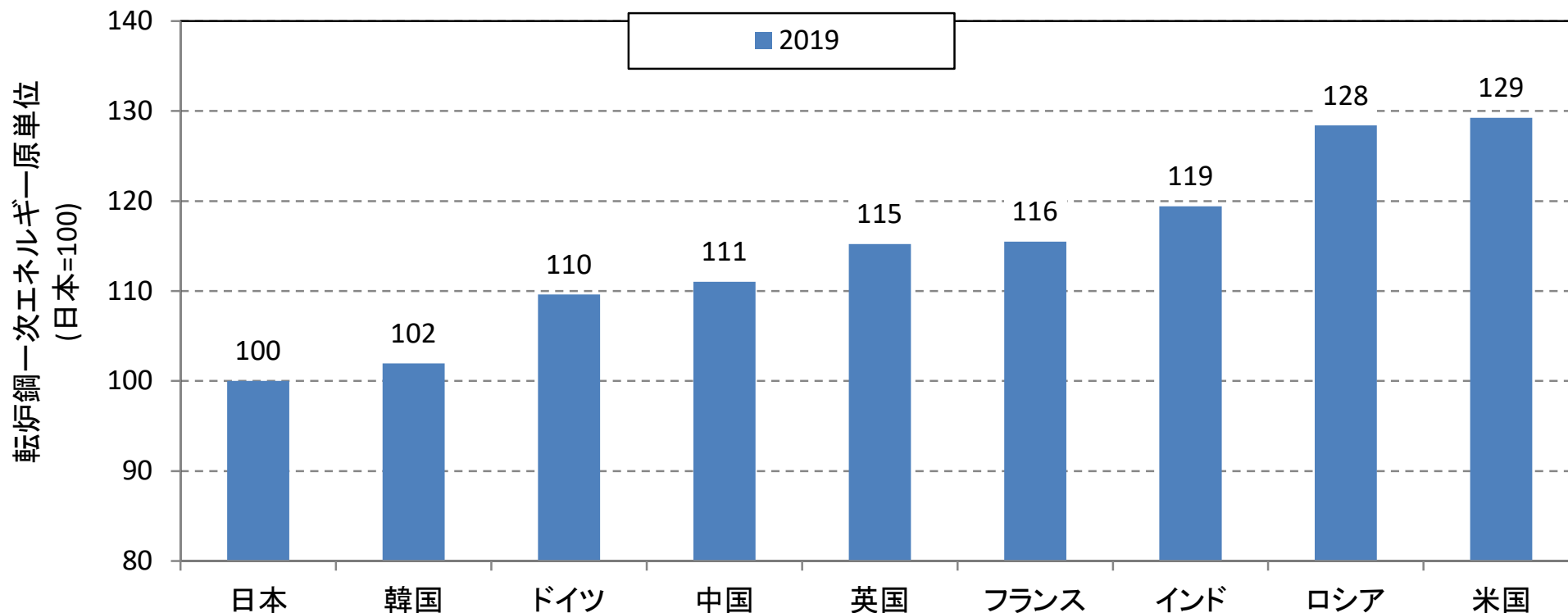
B3: 還元材比を参照する手法

各手法ごとに
ウェイト
を設定

✓ 上記手法の特徴

	A: IEA統計(エネルギーバランス表)に基づく手法	B: データ積み上げによる手法
地域網羅性	○	△
要因と結果の関係性	△	○

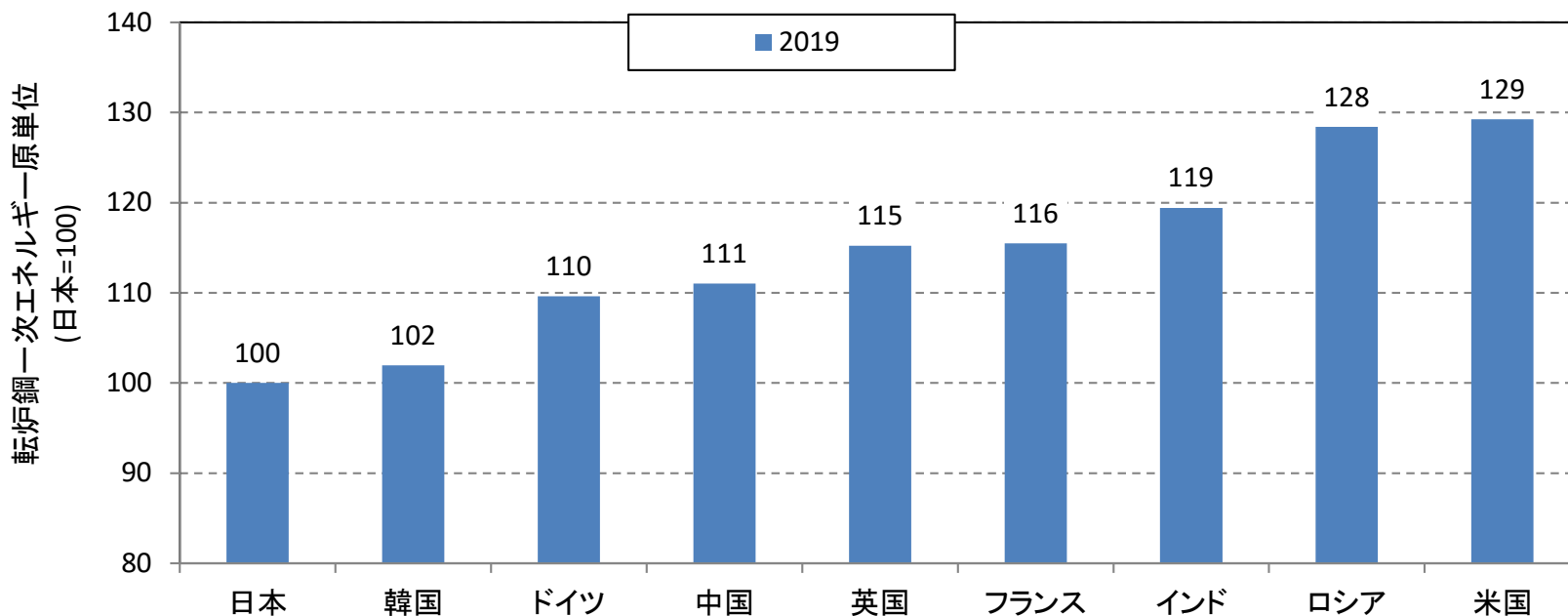
2019年実績の推計結果

含意

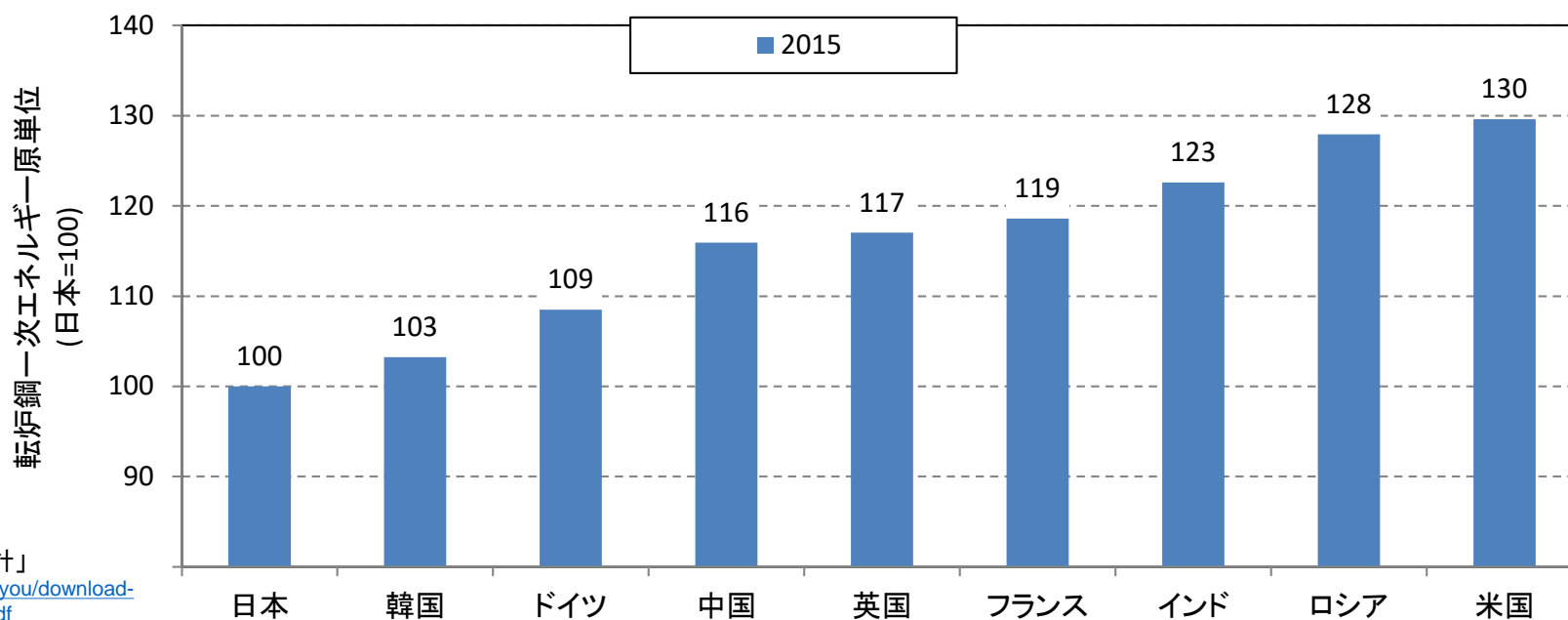
- ✓ 日本鉄鋼業(転炉鋼)は、主要国の中で最も優れたエネルギー原単位を維持している
- ✓ 早期にCO₂排出削減を進めるには、国内対策のみならず、まずは世界全体で省エネ設備普及を進めることが重要である

1. はじめに

2019年実績の
推計結果
(今回の推計)



2015年実績の
推計結果
(2018年に推計実施)

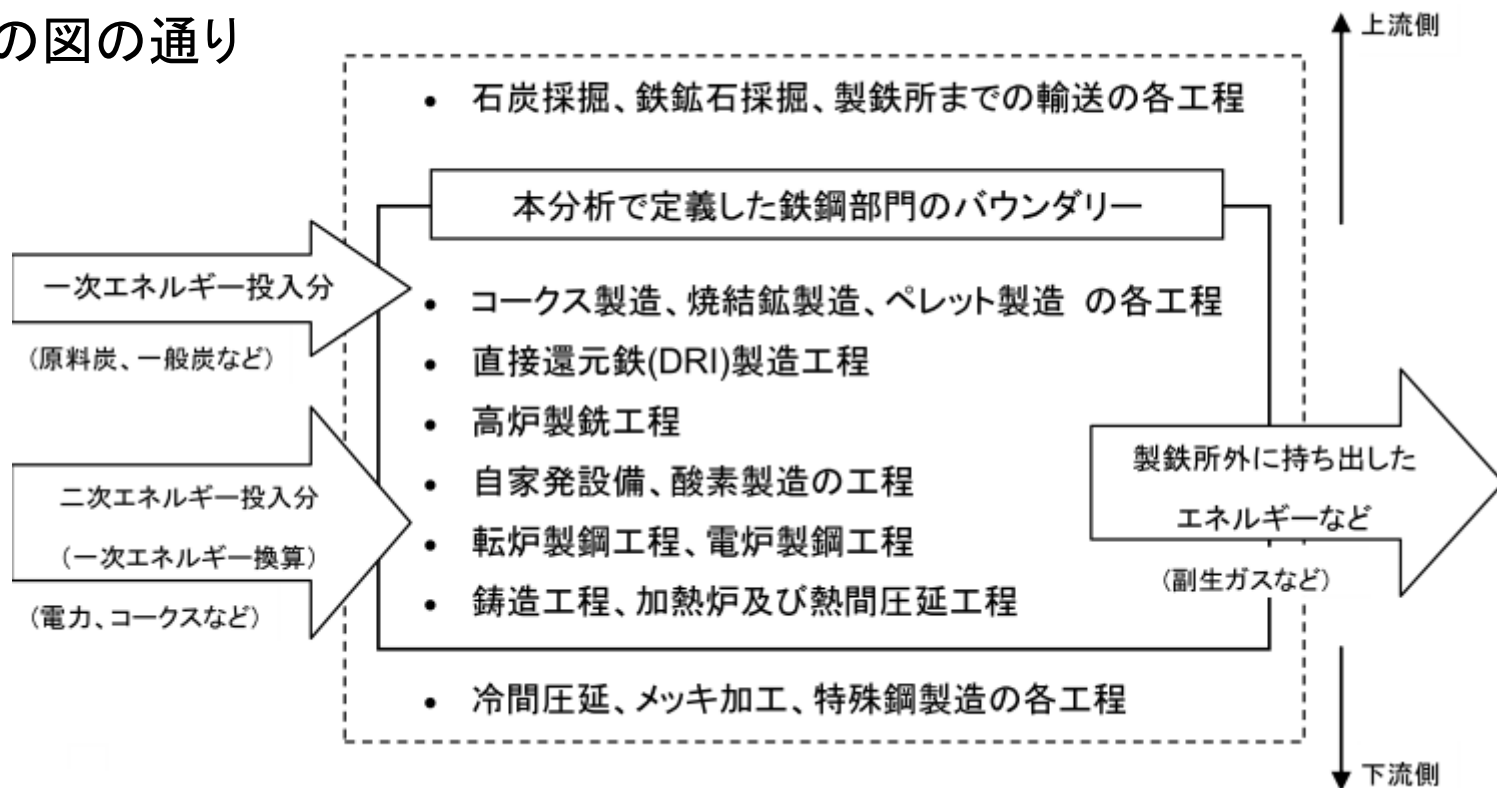


出典)
RITE「鉄鋼部門のエネルギー原単位推計」
https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2015steel.pdf

諸前提

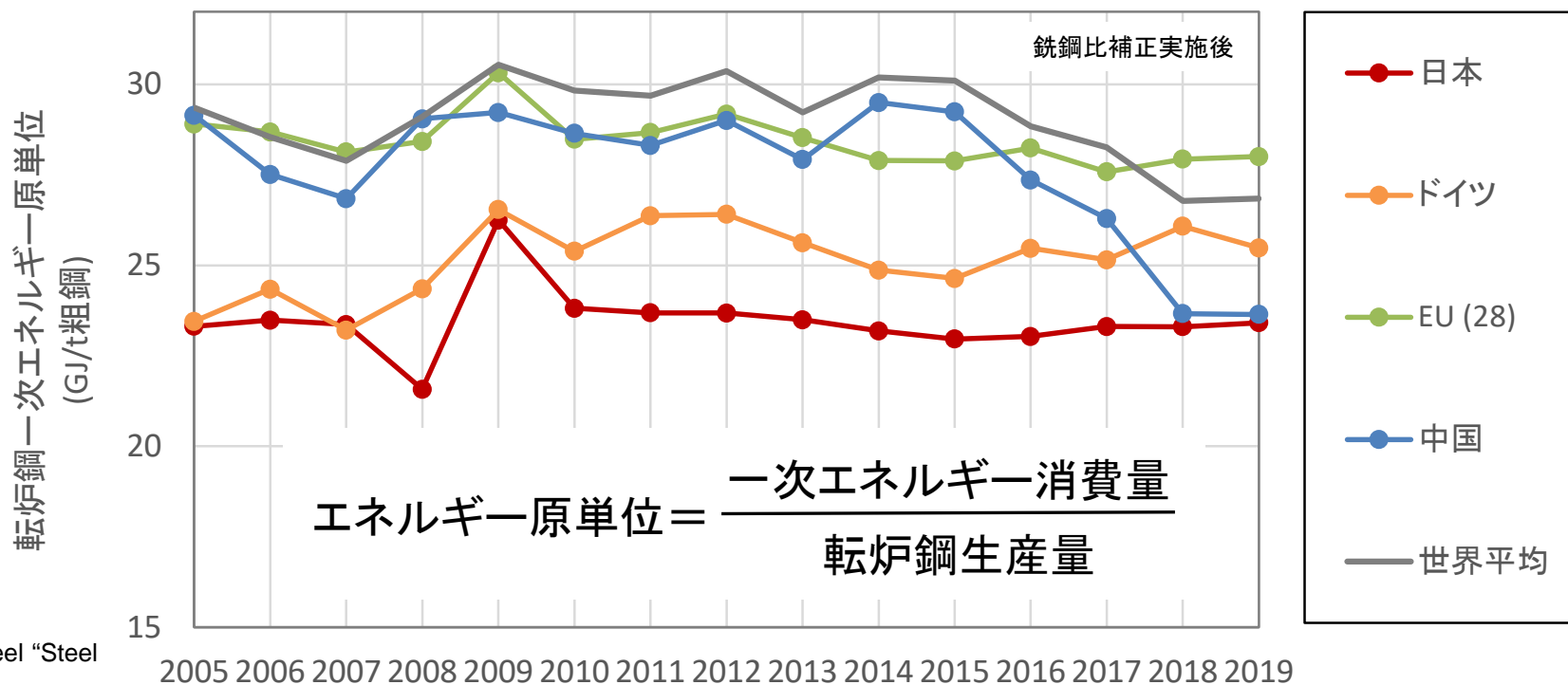
1. 省エネ水準を反映した(実力ベースの)(比較可能な)エネルギー原単位への接近を試みる ← 鉄鋼製品構成に依存しない設定とする、銑鋼比補正も実施
2. トン粗鋼生産当たりの一次エネルギー消費量(単位:GJ/tcs)にて評価
3. 電力は、IEA統計の一次エネルギー換算方法に従い全地域で
 $1\text{MWh} = 3.6\text{GJ} \div 0.333 = 10.8\text{GJ}$ として換算
4. バウンダリーは次の図の通り

参照した
バウンダリー



実施内容

- ✓ エネルギーバランス表に基づき鉄鋼業で使用した正味の一次エネルギー消費量を算定
 - コークス・副生ガス・電力等の外販・購入を考慮
 - 銑鋼比(「銑鉄生産量／転炉鋼生産量」と定義)を、2005年世界平均値の1.025へ補正
- <2019年の銑鋼比実績: 米国0.84、ドイツ0.92、EU(28)0.93、日本1.00、中国0.91、インド1.52>



- ✓ IEA統計では、高炉・電炉のエネルギー消費量が区分がされていない
- ✓ 本推計において用いた区分方法
 - 鉄鋼生産方式を、3方式(高炉転炉、スクラップ電炉、DRI電炉)に集約し表現
 - 3方式の標準的なエネルギー原単位EIを導入し、その標準EIに対する比を算定する

標準EIに対する比(DRI生産を行っていない地域の場合) =

IEAエネバラ表に基づき算定した一次エネルギー消費量(PJ/y)

転炉鋼のEI × 転炉鋼生産量 + スクラップ電炉鋼のEI × スクラップ電炉鋼生産量

(1)式

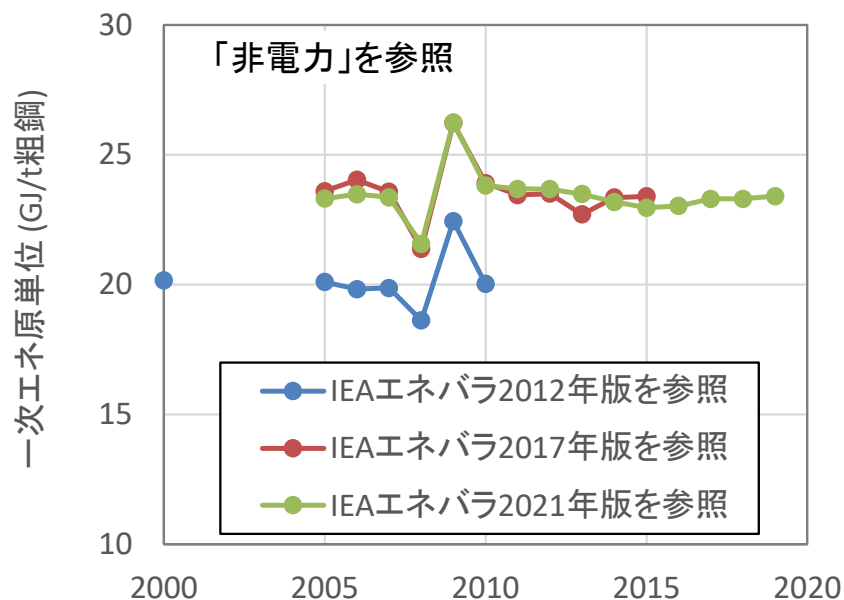
	(GJ/tcs)	非電力	電力	合計
想定した標準的な 一次エネルギー原単位EI (2010年の世界平均値を参照)	転炉鋼	22.3	4.8	27.1
	スクラップ電炉鋼	2.5	6.3	8.8
	DRI電炉鋼	15.9	7.6	23.5

IEA統計に基づく手法(3/4)

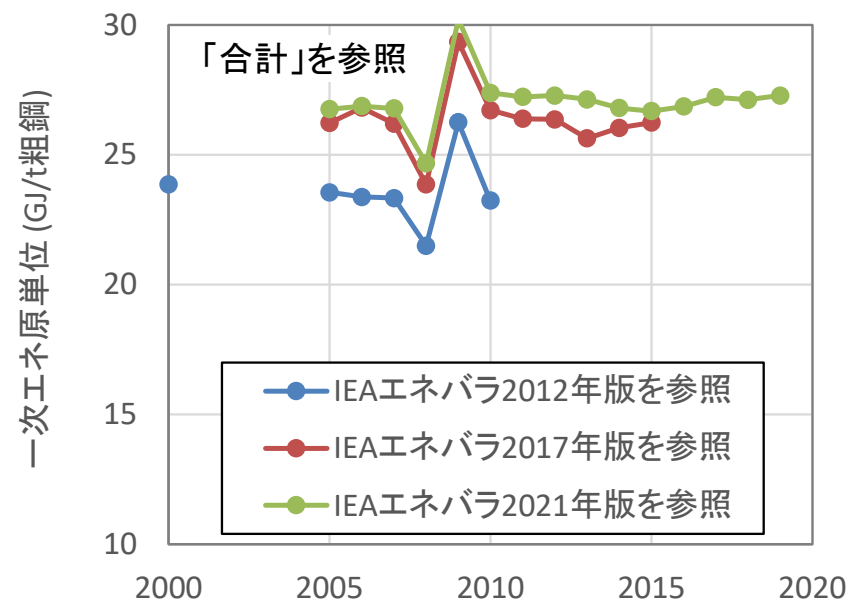
- ✓ 電力・非電力別に推定 → 2015年実績推定との近接度に応じてウェイト付けして参照
- ✓ 最新のIEA “World Energy Balances 2021”のみならず、旧エネバラも確認

転炉鋼一次エネルギー原単位(途中推計)

日本



- △ 省電力の効果を考慮できない
- 電炉の影響を受けにくい
- 鉄鋼製品構成に依存しにくい



- 省電力の効果も考慮可能
- △ 電炉の影響も受ける
- △ 鉄鋼製品構成に依存

✓ さらに、次の2つのアプローチを用いる

[A1] 2019年時点のエネルギー単位の絶対値を参照する手法

[A2] 2015年比の改善率を参照する手法

2019年 転炉鋼一次エネルギー原単位(途中推計)

	絶対値ベース		改善率ベース		
	A1		A2		
	(GJ/tcs)	信頼度	改善率	(GJ/tcs)	信頼度
米国	35.6	0.17	-1.8%	30.3	0.96
ドイツ	25.2	0.79	-0.7%	25.1	1.00
日本	24.1	0.81	-1.9%	23.4	0.95
韓国	22.9	0.58	2.5%	23.1	0.90
中国	24.3	0.50	18.1%	21.8	0.07
インド	39.2	0.00	2.5%	27.4	0.91
ロシア	57.4	0.00	-5.0%	30.8	0.61

「2015年実績既存推定値と
どれくらい近いかな」で設定

IEAエネバラ2021年版
に基づく整理

2015-2019年の改善率
(マイナスは悪化を意味)

2015年既存推定を所与とし、IEAエネバラから
求めた改善率を適用した場合のエネルギー原単位

日本

- ✓ 自主行動計画に関連して公表された原単位に基づく、稼働率の影響もあるため過去4年間で0.5%の悪化と評価される(銑鋼比の影響、鉄鋼製品構成比の影響を共に差し引き後)

韓国

- ✓ POSCOのCO₂原単位悪化(韓国以外での生産活動の影響を差し引き後)、現代製鉄(CDQ無し)のシェア拡大[対2015年]を考慮し、1.25%の悪化と評価できる

出典) POSCO "Corporate Citizenship Report" (2018-2020)
<http://corporatecitizenship.posco.com/citizen/eng/report/s919e30003071.jsp>

ドイツ

- ✓ thyssenkrupp の Annual reportに基づき過去4年間ににおけるエネ原単位変化を算定
- ✓ さらに、ODYSSEE-MUREプロジェクトは以前から(補正無しの素の)エネルギー原単位を提示しており、これに対し銑鋼比補正を実施
- ✓ 以上から、ドイツは過去4年間で2.4%の悪化と評価される

出典) <https://www.thyssenkrupp.com/en/investors/reporting-and-publications/reporting-2019-2020.html>
<https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/germany.html>
<https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/steel-unit-consumption.html>

英国・フランス・イタリア

- ✓ ODYSSEE-MUREプロジェクトのデータに対し銑鋼比補正を実施し、EUの改善率0.5%も参考としつつ、それぞれ0.8%の改善、0.5%の改善、1.4%の悪化と評価

※フランスについては ArcelorMittal のCO₂原単位も参考とした
 ArcelorMittal, Climate Action Report 2019, p.32

オーストラリア

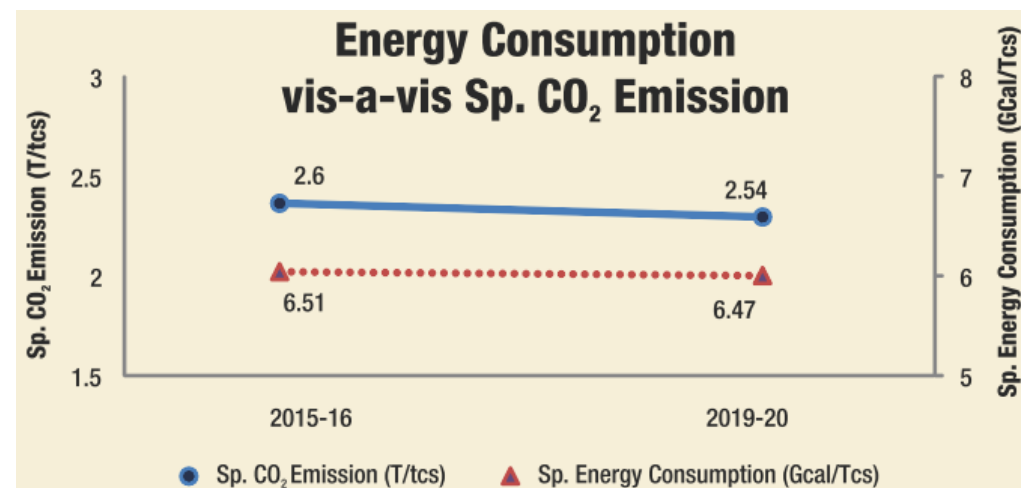
- ✓ BlueScope の Annual Report (2017/2018)に「CO₂原単位を8%改善できた」との記載があり参考情報の一つとする(ただし、他の年は微減、微増、記載無し)

出典) <https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/bluescope-corporate-umbraco-media/media/2464/bluescope-annual-report-fy2018.pdf>

インド

- ✓ インド鉄鋼公社SAIL、TATAのエネルギー原単位の改善率を算定(過去4年間でそれぞれ0.6%、3.2%改善)
- ✓ 2社の粗鋼生産量にて加重平均し、過去4年間で1.6%の改善と評価できる(銑鋼比の影響を差し引き後)

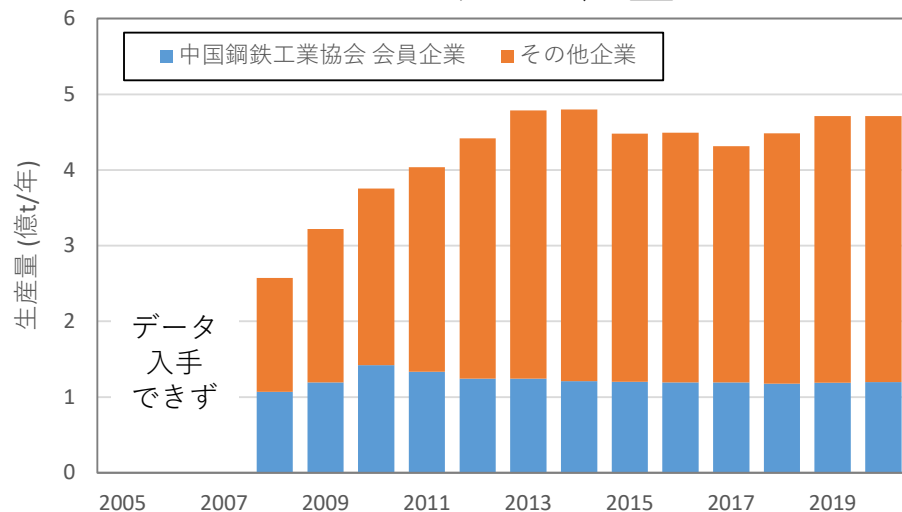
インド鉄鋼公社SAILが提示している
エネルギー原単位・CO₂原単位



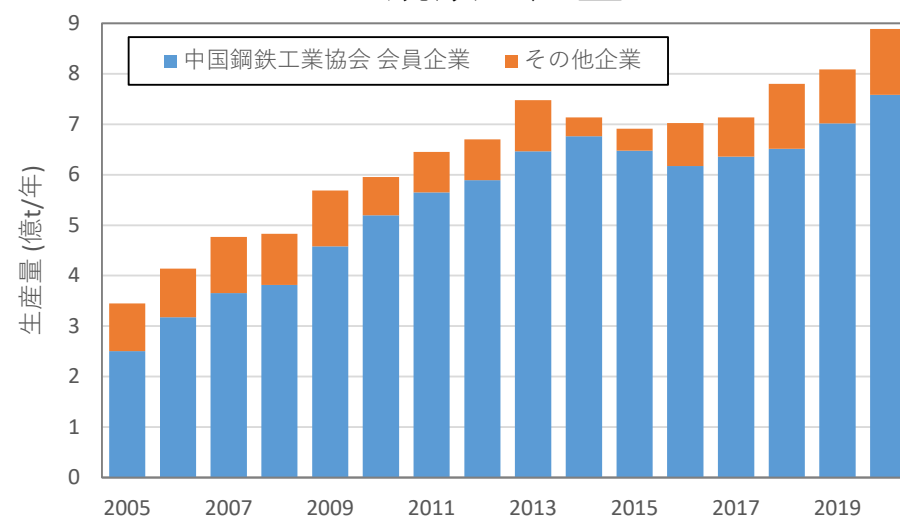
出典) SAIL "Corporate Sustainability Report 2020"
<https://sail.co.in/en/sustainability-report>

企業・協会データに基づく手法(中国)

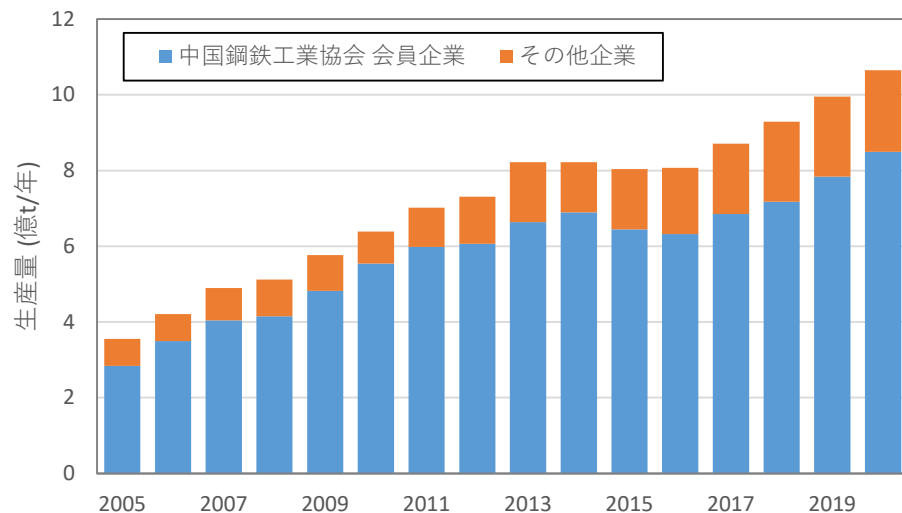
1. コークス生産量



2. 銑鉄生産量



3. 粗鋼生産量



注: 何れも中国の公式統計に基づく

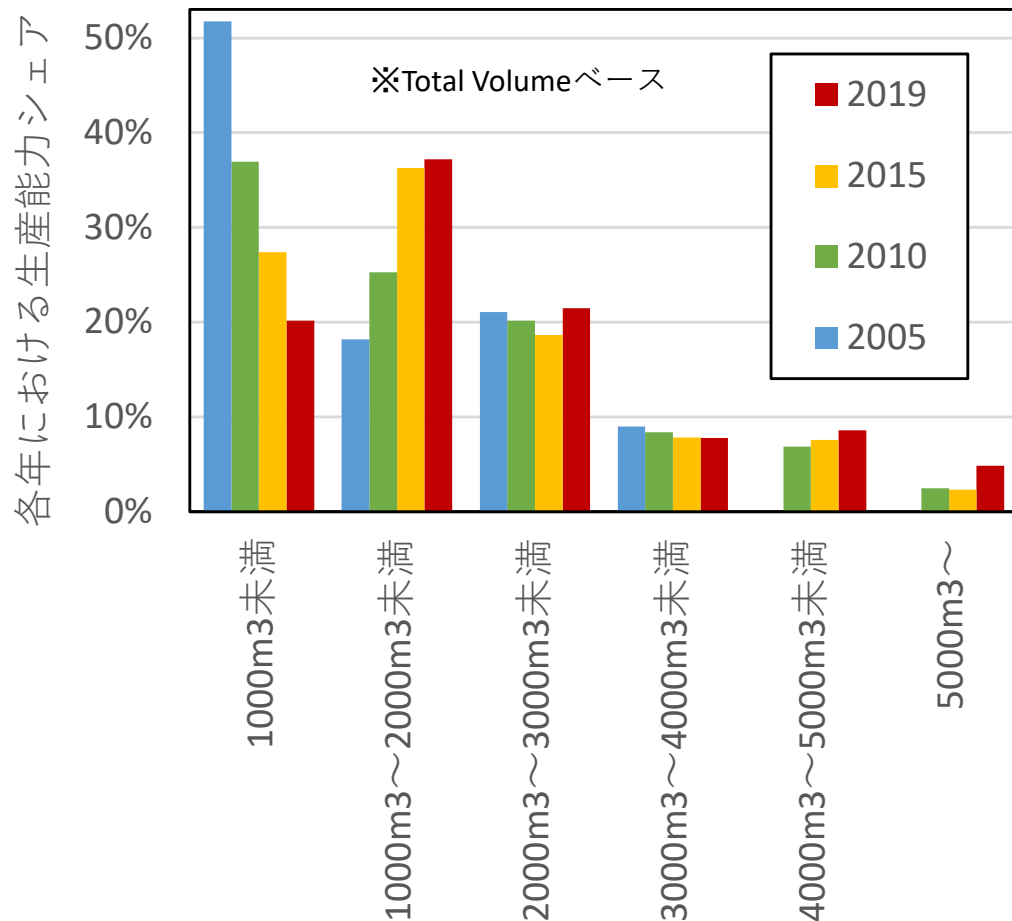
補足) より正確には、2010年までは「重点大中型企業」のデータ、2011年以降は「中国鋼鉄工業協会 会員企業」のデータ

出典) 中国鋼鉄工業年鑑 (2006-2021)

✓ コークス以外は、会員企業の生産量が主であることを確認

[公式統計・会員企業]

高炉の容積別生産能力シェア



副生ガスの状況

	コークス炉 ガス放散率	高炉ガス 放散率	転炉ガス 放散率	回収量
2005	5.7%	8.4%		
...				
2010	1.8%	5.3%	9.6%	81 m ³ /t
...				
2015	1.0%	2.0%		108 m ³ /t

補足1) 2010年までは「重点大中型企業」のデータ、2015年以降は「中国鋼鉄工業協会の会員企業」のデータ

補足2) 2019年は放散率がほぼ0%、有効利用率がほぼ100%と記載されていることを確認

出典) 中国鋼鉄工業年鑑(2006-2021)

なお、2019年時点の会員企業のCDQ普及率は76.9%、TRT発電電力量は39.3kWh/tと記載されている
出典) 中国鋼鉄工業年鑑(2021), p.213

[公式統計・会員企業]

	粗鋼1t当たりの 総合エネルギー原 単位(kgce/t)	焼結 (kgce/t)	ペレット (kgce/t)	コークス (kgce/t)	銑鉄 (kgce/t)	電炉 (kgce/t)	転炉 (kgce/t)	圧延 (kgce/t)
2005	694	65	40	142	457	97	36	76
2006	645	56	33	123	433	81	9	65
2007	628	55	30	122	427	81	6	63
...								
2010	605	53	29	106	408	74	0	62
...								
2015	572	47	28	100	387	60	-12	58
...								
2019	550	45	25	98	387	57	-15	60

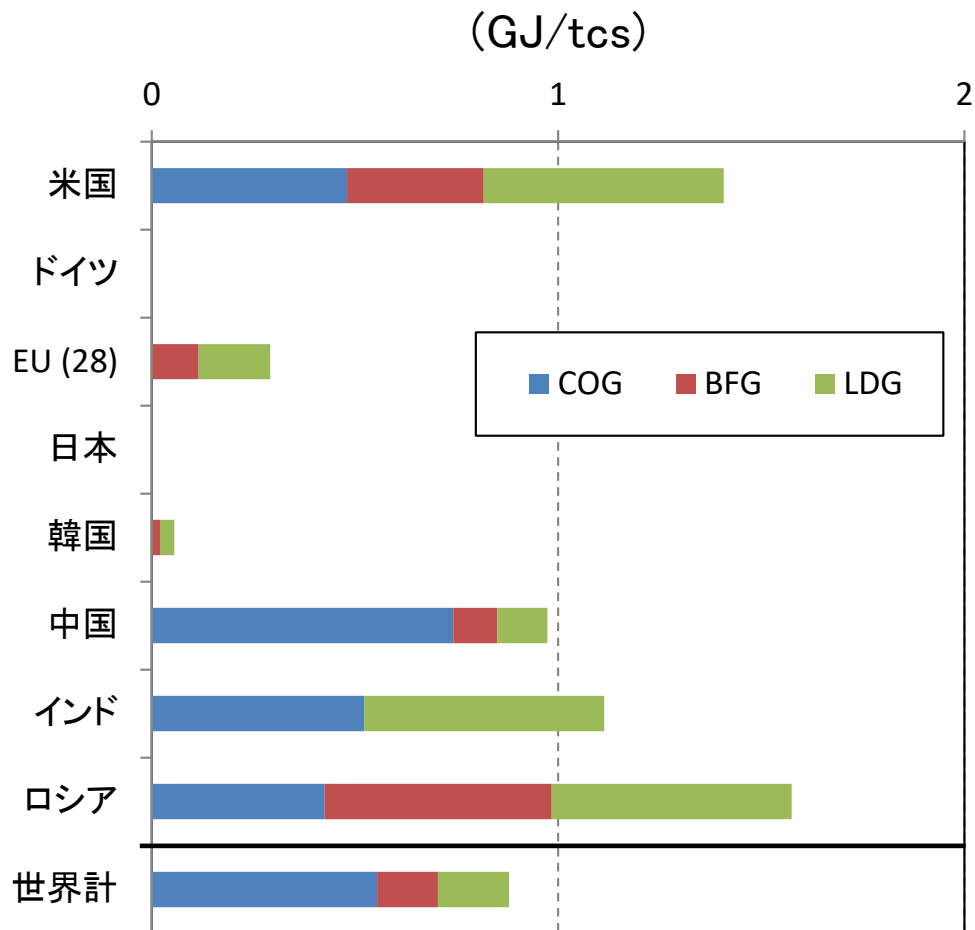
↓ 4.3%の改善

補足1) 2010年までは「重点大中型企業」のデータ、2015年以降は「中国鋼鉄工業協会の会員企業」のデータ

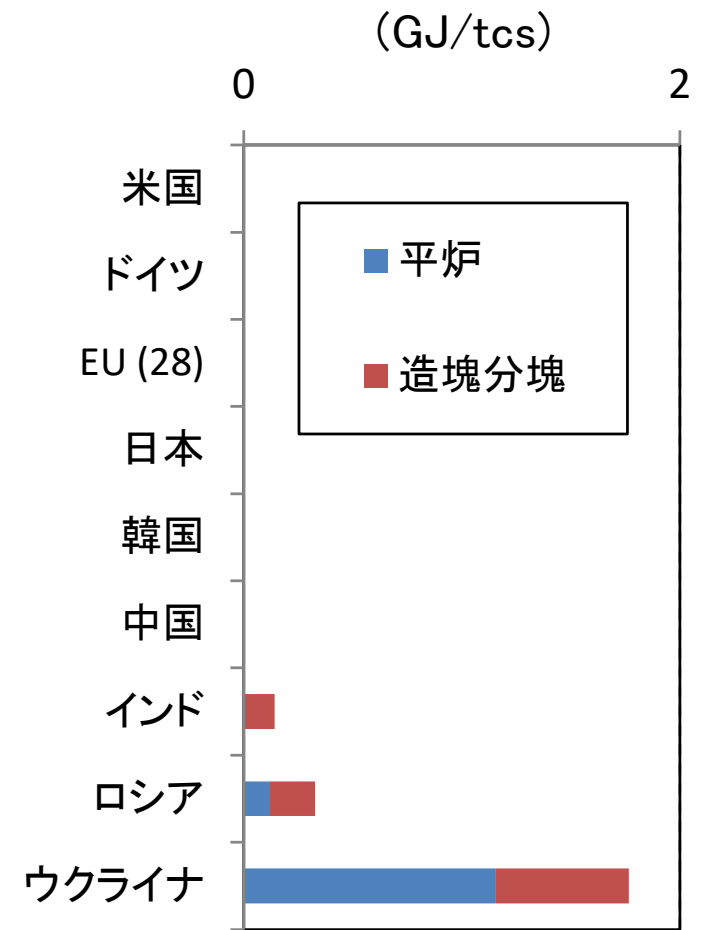
補足2) 2005年から2007年にかけて非連続の個所あり(2006年以降は最終エネルギーベース、2007年以降は連続鑄造及び二次精錬に要したエネルギー消費量を除外)

出典) 中国鋼鉄工業年鑑(2006-2021)

技術普及率に基づく手法(1/2)

B2-1: 副生ガスの回収有効利用
ポテンシャルの評価結果(2019年)

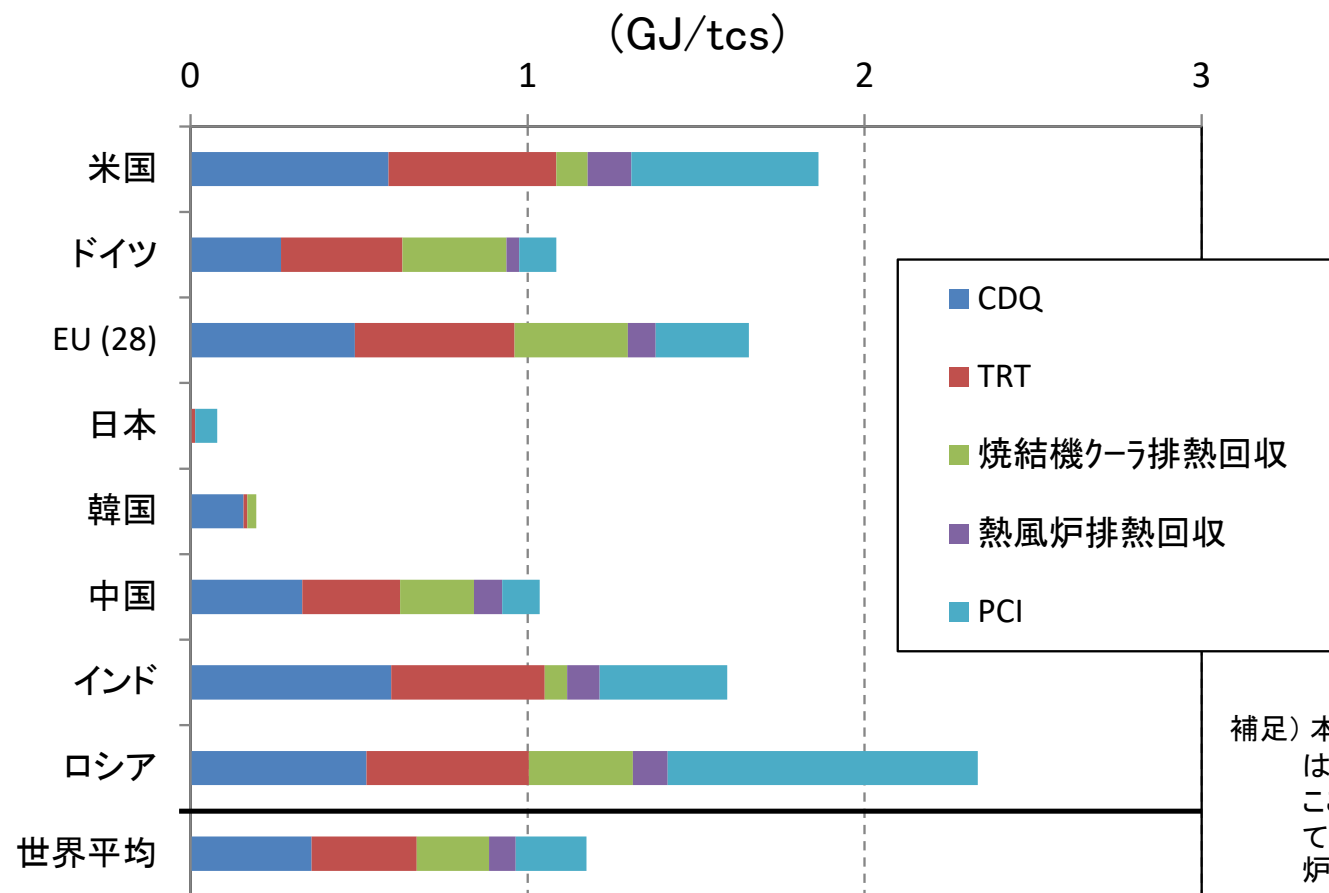
出典) IEA “World Energy Balances 2021”を基に推計

B2-3: 旧技術代替による省エネ
ポテンシャルの評価結果(2019年)

出典) worldsteel “Steel Statistical Yearbook 2020”を基に推計

技術普及率に基づく手法(2/2)

B2-2:5つの技術(CDQ、TRT、焼結機クーラ排熱回収、熱風炉排熱回収、PCI)
普及による省エネポテンシャルの評価結果(2019年)

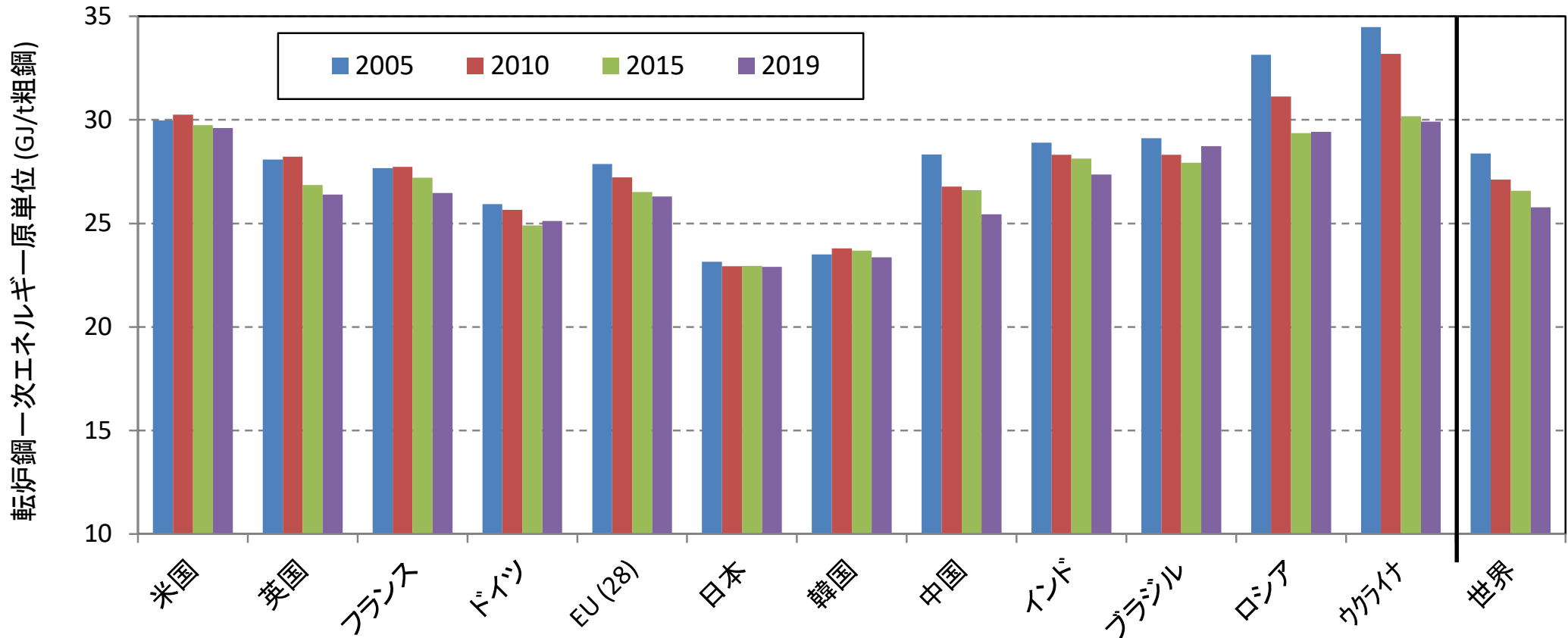


補足) 本ポテンシャルは技術的に可能な最大ポテンシャルではなく、実現可能性も加味したポテンシャルを意味する。ここでは、既存設備のビンテージ、既存設備に導入されている(やや省エネ性能が劣る)省エネ設備、さらには高炉への天然ガス吹き込み技術も簡易的に考慮している。

出典) PCIは鉄連「鉄鋼統計要覧2021」、ドイツ鉄鋼連盟(2013)に基づき設定。

他の4技術は、2015年普及率<Arens et al. (2017)、Schulz et al. (2015)、中国鋼鉄工業年鑑(2016)等に基づく>と、その後の導入実績に基づき設定。

推定結果(2005-2019年)



留意事項

- ✓ 地域によって稼働率の推移に差異があり、その影響も大きい点に留意が必要

鉄鋼業の稼働率

	日本	中国
2015	83.5%	71.3%
2019	82.1%	93.2%

出典) 中国の稼働率は、川端(2019)および中国鋼鉄工業年鑑(2019,2021)に基づき推定

中国の稼働率上昇は5ポイント弱のエネルギー原単位改善をもたらしたと推定される

まとめ

- ✓ 2019時点において、日本鉄鋼業(転炉鋼)は、鉄鋼主要国の中で最も優れたエネルギー原単位を維持している
- ✓ 一般にネットゼロやカーボンニュートラルへの言及が多くなってきているが、早期にCO₂排出削減を進めるには、国内対策のみならず、まずは世界全体で省エネ設備普及を進めることが重要である

今後の予定

- ✓ スクラップ電炉鋼(2019年実績)についてのエネルギー原単位の国際比較を行う
- ✓ それに加え、鉄鋼業全体で見たCO₂排出削減ポテンシャルの評価を行う予定である